

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-079358

(43)Date of publication of application : 27.03.2001

(51)Int.Cl.

B01D 61/48  
B01D 61/44  
B01D 61/50  
C02F 1/44  
C02F 1/469

(21)Application number : 11-263485

(71)Applicant : JAPAN ORGANO CO LTD

(22)Date of filing : 17.09.1999

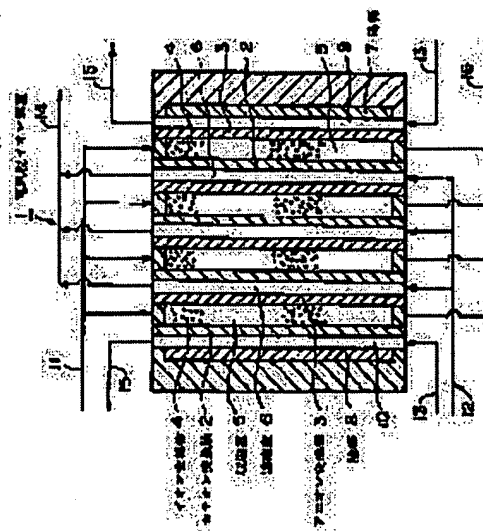
(72)Inventor : HIDAKA MASANARI  
NAKAMARUO ATSUSHI

## (54) ELECTRICALLY DEIONIZING DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To effectively desalt cationic component-enriched water to be treated and to apply to the water treatment for the secondary line operated with high pH in a pressurized water type atomic power plant by filling an ion exchanger, through which the water to be treated is passed at first in a desalting chamber, substantially in a single bed form of a caution exchanger.

**SOLUTION:** DC current is applied between an anode 7 and a cathode 8, the water to be treated and concentrated water are introduced into each desalting chamber 5 and each concentrating chamber 6 from each line 11, 12 and electrode water is introduced into the anode chamber 9 and the cathode chamber 10 from each line 13. The water to be treated flows down in the desalting chamber 5 to move ion to be removed to the concentrating chamber 6. The concentrated water ascends in the concentrating chamber 6 to concentrate impurities with a cation exchange membrane 2 and an anion exchange membrane 3 and flows them out from a line 14. The ion exchanger 4, through which the water to be treated is passed at first in the desalting chamber 5, is filled in the single bed form of the cation exchanger. As a result, the desalting efficiency to the cationic



component is remarkably improved.

---

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-79358

(P2001-79358A)

(43) 公開日 平成13年3月27日 (2001.3.27)

(51) Int. Cl.	識別記号	F I	7-73-1* (参考)
B 0 1 D 61/48		B 0 1 D 61/48	4 D 0 0 6
61/44	5 0 0	61/44	5 0 0 4 D 0 6 1
61/50		61/50	
C 0 2 F 1/44		C 0 2 F 1/44	H
1/469		1/46	1 0 3
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)			

(21) 出願番号 特願平11-283485

(22) 出願日 平成11年9月17日 (1999.9.17)

(71) 出願人 000004400

オルガノ株式会社

東京都江東区新砂1丁目2番8号

(72) 発明者 日高 真生

東京都江東区新砂1丁目2番8号 オルガノ株式会社内

(72) 発明者 中岡 淳

東京都江東区新砂1丁目2番8号 オルガノ株式会社内

(74) 代理人 100091384

弁理士 伴 俊光

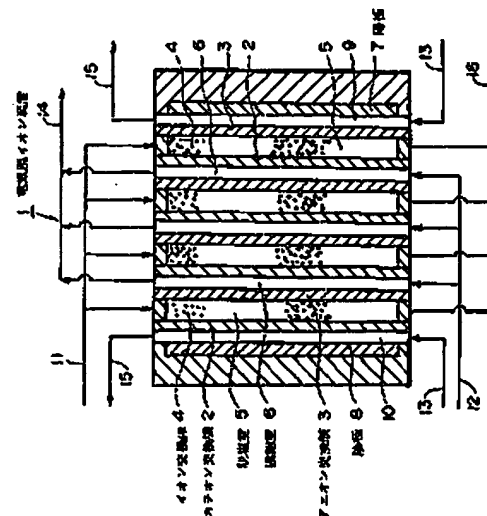
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気脱イオン装置

(57) 【要約】

【課題】 カチオン成分リッチの被処理水を効率よく脱塩処理でき、とくに加圧水型原子力発電所における二次系の水処理に最適な電気脱イオン装置を提供する。

【解決手段】 陽極と陰極の間に、カチオン交換膜およびアニオン交換膜によって区切られ内部にイオン交換体が充填された脱塩室と、該脱塩室から移動してくるイオンを受け取る濃縮室とを複数有する電気脱イオン装置において、脱塩室において被処理水が最初に通水されるイオン交換体を実質的にカチオン交換体の単床形態で充填したことを特徴とする電気脱イオン装置。



(2)

特開2001-79358

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 陽極と陰極の間に、カチオン交換膜およびアニオン交換膜によって区切られ内部にイオン交換体が充填された脱塩室と、該脱塩室から移動してくるイオンを受け取る濃縮室とを複数有する電気脱イオン装置において、脱塩室において被処理水が最初に通水されるイオン交換体を実質的にカチオン交換体の単床形態で充填したことを特徴とする電気脱イオン装置。

【請求項2】 脱塩室が、一側のカチオン交換膜、他側のアニオン交換膜および中央の中間イオン交換膜で区画された2つの小脱塩室にイオン交換体を充填して構成され、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室が設けられ、これら脱塩室および濃縮室が陽極と陰極の間に配置されている。請求項1の電気脱イオン装置。

【請求項3】 脱塩室が、カチオン交換膜、内部がくり抜かれた一の枠体、中間イオン交換膜、内部がくり抜かれた他の枠体、アニオン交換膜をこの順に積層することにより形成された脱イオンモジュールからなる。請求項2の電気脱イオン装置。

【請求項4】 中間イオン交換膜が、カチオン交換膜または、被処理水の流れ方向に前段にアニオン交換膜、後段にカチオン交換膜を配置した複式膜からなる。請求項2または3の電気脱イオン装置。

【請求項5】 電気脱イオン装置内に充填されるイオン交換体の体積分率（カチオン交換体／アニオン交換体）が2以上とされている。請求項1ないし4のいずれかに記載の電気脱イオン装置。

【請求項6】 脱塩室において被処理水が最後に通水されるイオン交換体がアニオン交換体とカチオン交換体の複床形態で充填されている。請求項1ないし5のいずれかに記載の電気脱イオン装置。

【請求項7】 加圧水型原子力発電所における復水脱塩処理に用いられる。請求項1ないし6のいずれかに記載の電気脱イオン装置。

【請求項8】 加圧水型原子力発電所における蒸気発生器のブローダウン水の脱塩処理に用いられる。請求項7の電気脱イオン装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、加圧水型原子力発電所の二次系における復水の脱塩処理や、その他のカチオン成分リッチの被処理水の脱塩処理に用いて好適な電気脱イオン装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来、加圧水型原子力発電所においては、二次系の水処理対策として、アンモニア添加によるpH調整、ヒドラジン添加による脱酸素、および復水脱塩装置による脱塩処理が行われている。復水脱塩装置は、復水器の後段に設置され、復水器からの復水を復水

2

脱塩装置で脱塩処理し、脱塩処理された水は脱気器、給水加熱器等を通して蒸気発生器に戻される。

【0003】 蒸気発生器では、系統内に持ち込まれた不純物および腐食生成物が溜められるため、蒸気発生器の二次系器内水は、一部連続的にドレン、すなわちブローダウンされる。

【0004】 蒸気発生器の伝熱管に付着するスケールの大半は、二次系の機器、配管の内面から発生する腐食生成物、すなわち鉄酸化物であるため、伝熱管へのスケール付着防止対策として、蒸気発生器への鉄酸化物の持込み低減、あるいは二次系機器、配管からの腐食生成物発生の抑制が図られている。

【0005】 現在、AVT処理、すなわちアンモニアによりpHを9.2程度に調整し、ヒドラジンにより脱酸素・還元性雰囲気として腐食生成物発生の抑制を図っているが、蒸気系統の機器、配管表面では気液二相流域であり、機器、配管表面での液相は、アンモニアの気液分配率が1以上のため、アンモニアが少なくなりpHが低下することから、鉄の溶出の抑制効果の小さいことが指摘されている。このため、アンモニア濃度を上昇させ、pHを9.2以上、たとえば9.8程度として、気液二相流域での液相側のpHの低下を防止することによって、鉄溶出を抑制させる高pH処理の採用が計画されている。

【0006】 ところが、AVT処理においてpHを9.2から9.8へと増加した場合、アンモニアの濃度は約10倍となり、復水脱塩装置はH-OH型運転のため、現在脱塩塔1塔当たり10～15日で充填されているイオン交換体の再生を行う脱塩塔を複数設置し、いずれかの脱塩塔に対し2日に1回程度の再生を実施しているが、この現状頻度に対し1～2日で再生を実施する必要が生じる。そのため、複数の脱塩塔の再生すべき時期が重複する事態も生じる可能性があるが、1日に数塔の再生は出来ず、また脱塩塔の樹脂層を現状以上に充填することも出来ないため、高pH運転に伴って現状の復水脱塩塔ではH-OH型運用が実質的に不可能となる。そこで高pH運転のプラントでは、復水脱塩装置による復水処理を、復水の全量に対して行うのではなく、復水部分処理もしくは、通常運転時には復水の全量を処理せずにバイパスさせる方式が計画されている。

【0007】 そこで、上記のような復水のバイパス路を設けるとともに、蒸気発生器のブローダウン水に対して、薬品による再生不要の電気脱イオン装置を用いて脱塩を行い、脱塩処理を行ったブローダウン水を復水系に戻して、二次系の水の処理を行うようにした技術が提案されている（特開平11-47560号公報）。

【0008】 すなわち、高pH運転において復水脱塩装置の脱塩塔で復水中の不純物を除去しようとする、アンモニア濃度が高いため、アンモニアの負荷が大きく、脱塩塔樹脂は全量処理が出来ず、復水脱塩装置は復水部

(3)

特開2001-79358

3

分処理運用もしくはバイパス運転を余儀なくされる。そこで、復水脱塩装置をバイパスした場合でも、蒸気発生器ブローダウン水を連続脱塩処理し脱塩処理した水を戻してやることにより、二次系統の不純物が除去され蒸気発生器の腐食損傷を防止することが可能となる。この蒸気発生器ブローダウン水処理装置として、薬品による再生が不要で連続運転が可能な電気脱イオン装置が最適である。この電気脱イオン装置とは、1以上の陽極および陰極を有し、アニオン交換膜およびカチオン交換膜により区切られ、イオン交換体を充填した1以上の脱塩室と、イオン交換膜を介して移動してくるイオンを濃縮する1以上の濃縮室から構成され、電流により連続的に再生されながら運転される装置である。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来用いられていた電気脱イオン装置では、脱塩室に充填するイオン交換体は、通常、カチオン交換体とアニオン交換体の混床として充填されており、したがって被処理水が最初に通水される部分も混床部分であり、カチオン成分リッチの被処理水、たとえば前述のようにアンモニアおよび/またはヒドラジン等のカチオン成分を比較的高濃度で含有する被処理水に対しては、それらカチオン成分の除去に適しているものではなかった。すなわち、被処理水が最初に通水されるイオン交換体層をカチオン交換体とアニオン交換体の混床層とすると、被処理水のpHが中性付近にしか推移せず、アンモニアおよび/またはヒドラジンの解離が十分に進まず、電流による濃縮室へのカチオンの移動が行われにくくなっていた。したがって、とくに上述の如く、蒸気発生器ブローダウン水のようなカチオン成分リッチの水の処理には十分な性能を発揮できなかった。

【0010】本発明の課題は、カチオン成分リッチの被処理水を効率よく脱塩処理でき、とくに加圧水型原子力発電所において高pH運用される場合の二次系の水処理に用いて好適な電気脱イオン装置を提供することにある。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明の電気脱イオン装置は、陽極と陰極の間に、カチオン交換膜およびアニオン交換膜によって区切られ内部にイオン交換体が充填された脱塩室と、該脱塩室から移動してくるイオンを受け取る濃縮室とを複数有する電気脱イオン装置において、脱塩室において被処理水が最初に通水されるイオン交換体を実質的にカチオン交換体の単床形態で充填したことを特徴とするものからなる。本発明において実質的にカチオン交換体の単床形態で充填したとは、カチオン交換体の比率が80%以上、好ましくは90%以上、より好ましくは95%以上であることをいう。

【0012】この電気脱イオン装置においては、省電力

4

をはかるために、脱塩室が、一側のカチオン交換膜、他側のアニオン交換膜および中央の中間イオン交換膜で区画された2つの小脱塩室にイオン交換体を充填して構成され、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室が設けられ、これら脱塩室および濃縮室が陽極と陰極の間に配置されている構造とすることが好ましい。とくに、脱塩室が、カチオン交換膜、内部がくり抜かれた一の枠体、中間イオン交換膜、内部がくり抜かれた他の枠体、アニオン交換膜をこの順に積層することにより形成された脱イオンモジュールからなることが好ましい。中間イオン交換膜としては、たとえば、カチオン交換膜または、被処理水の流れ方向に前段にアニオン交換膜、後段にカチオン交換膜を配置した複式膜から構成できる。

【0013】また、脱塩室に充填されるイオン交換体の層形成形態は、被処理水が最初に通水されるイオン交換体がカチオン交換体の単床とされる限りとくに限定されないが、電気脱イオン装置全体として充填されるイオン交換体の体積分率（カチオン交換体／アニオン交換体）を2以上とすることが好ましく、これによって、カチオン成分に対する脱塩効率をさらに大幅に上昇させることができる。また、脱塩室において被処理水が最後に通水されるイオン交換体は、アニオン交換体とカチオン交換体の混床形態で充填されていることが好ましい。

【0014】このような本発明に係る電気脱イオン装置は、とくに加圧水型原子力発電所における復水脱塩処理に好適に用いられ、さらに詳しくは、加圧水型原子力発電所における蒸気発生器のブローダウン水の脱塩処理に用いられ、脱塩処理されたブローダウン水が復水系統に戻される。

【0015】このように構成された本発明に係る電気脱イオン装置においては、脱塩室において被処理水が最初に通水されるイオン交換体を実質的にカチオン交換体の単床形態で充填することにより、被処理水のpHが酸性側にシフトし、アンモニアおよび/またはヒドラジンの解離が進み、 $\text{NH}_4^+$  および/または  $\text{N}_2\text{H}_5^+$  として存在する割合が増え、電流による濃縮室へのカチオンの移動が行われやすくなる。その結果、カチオン成分リッチの被処理水が高効率で脱塩処理される。

【0016】また、電気脱イオン装置全体として充填されるイオン交換体の体積分率（カチオン交換体／アニオン交換体）を2以上とすれば、カチオン成分に対する脱塩効率を、該体積分率が2未満のもの、とくに従来通常に使用されていた体積分率が1程度のものに比べ、飛躍的に上昇させることができる。たとえば前述の如き加圧水型原子力発電所の二次系において高pH運転を行う場合には、通常、蒸気発生器ブローダウン水には多量のカチオン成分（アンモニア、ヒドラジンとも0.5ppm程度）が含まれている。そのため、電気脱イオン装置に充填するイオン交換体体積分率をカチオン交換体／アニ

(4)

特開2001-79358

5

オン交換体=2以上とすることにより、カチオン成分に対する脱塩効率をさらに大幅に上昇させることができる。

【0017】また、このような電気脱イオン装置を構成するに際し、脱塩室を、中間イオン交換膜で区画された2つの小脱塩室から形成することにより、次のような作用、効果も付加される。

【0018】すなわち、従来から、電気脱イオン装置を使用して被処理水中の不純物イオンを省電力で除去するために、電気脱イオン装置の電気抵抗を低減する種々の試みがなされている。この場合、脱塩室においては、脱塩室に使用されるイオン交換体の充填方法や充填量が、要求される処理水の水质によって決定されるため、脱塩室の電気抵抗を低減させるには限界がある。そこで、濃縮室の電気抵抗を低減するための対策が採られることが多い。たとえば、特開平9-24374号公報には、濃縮室に電解質を添加供給して濃縮室における電気抵抗を低減する方法が開示されている。また、濃縮水の循環によって導電率の上昇を促進し、濃縮室の電気抵抗を低減する方法も多数報告されている。

【0019】しかしながら、濃縮室に電解質を添加供給して濃縮室の電気抵抗を低減する方法は、電解質を濃縮室へ供給するためのポンプ、薬剤貯留タンクおよび供給配管などを設置しなければならず、設置面積の増加、設置コストの上昇などを招く。また、定期的に薬剤の供給や管理を行わなければならず、連続再生型装置であるにもかかわらず人手がかかるという問題がある。また、濃縮水の循環によって導電率の上昇を促進し、濃縮室の電気抵抗を低減する方法は、濃縮水中に含まれるカルシウムやマグネシウムなどの硬度成分も濃縮となるのでスケールの発生を促進してしまい、結果的に電気抵抗の上昇を招来するという問題がある。

【0020】そこで上記の中間イオン交換膜により2つの小脱塩室に区画する構成を採ることにより、イオン交換体が充填された脱塩室1つ当たりの濃縮室の数を従来の約半分にすることができ、電気脱イオン装置の電気抵抗を著しく低減できる。また、従来の装置と比較して相対的に濃縮室の数が少ないため、濃縮室を流通する濃縮水のイオン濃度を濃縮とすることができ、導電率が向上し、更に電気抵抗が低減されるとともに、濃縮室内を流通する濃縮水の流速を高めることができ、濃縮室内のスケールが発生し難くなる。さらに、2つの小脱塩室に区画することにより、各小脱塩室に充填されるイオン交換体を、処理の目的に応じて、単一のイオン交換体もしくはアニオン交換体とカチオン交換体の混合イオン交換体の単独担とすることができ、イオン交換体が充填された各小脱塩室の厚さを電気抵抗を低減し、かつ高い電流効率を得るに最適な厚さに設定することが可能となる。つまり、一つの脱塩室に複数種のイオン交換体が充填されていると、各イオン交換体の担体によって電気抵抗を小

6

さくし電流効率を高くする最適な厚さが異なるため、脱塩室全体として最適な厚さに設定することが困難となるが、各小脱塩室に単独担のイオン交換体のみを充填する場合には、低電気抵抗と高電流効率を両立させる厚さの設定が可能となる。

【0021】また、脱塩室を構成するイオン交換膜の輪率（つまり、除去対象となるイオンの透過率）は実質的には1ではなく、高い性能を有すると言われるイオン交換膜でも0.98以上として保証されているにすぎないので、被処理水が最後に通水されるイオン交換体層がカチオン交換体単床層またはアニオン交換体単床層であると、脱塩室から濃縮室へと移動してきたアニオン成分またはカチオン成分が輪率0.02以下分だけさらに隣の脱塩室へと移動するおそれがあり（つまり、隣の脱塩室のイオン交換膜がこの分の侵入を阻止できず）、処理水側に流出して水質の低下を招いてしまうおそれがある。そこで、最後に通水されるイオン交換体をカチオン交換体とアニオン交換体の混床とすることにより、アニオン成分、カチオン成分のどちらかが濃縮室から脱塩室へ再移動してきても十分な処理を行うことができるようになり、高純度の処理水を得ることができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の望ましい実施の形態を、図面を参照して説明する。図1は、本発明の第1実施形態に係る電気脱イオン装置を示しており、図2および図3は、その使用例を示している。図4および図5は、本発明の第2実施形態に係る電気脱イオン装置を示しており、図6および図7はその使用例を示している。図8は、本発明に係る電気脱イオン装置を、加圧水型原子力発電所の二次系に組み込んだシステムの例を示している。

【0023】まず、図1に示した第1実施形態に係る電気脱イオン装置1においては、カチオン交換膜2およびアニオン交換膜3を離間して交互に配置し、カチオン交換膜2とアニオン交換膜3で形成される空間内に一つおきにイオン交換体4を充填して脱塩室5とする。脱塩室5のそれぞれ隣に位置するアニオン交換膜3とカチオン交換膜2で形成されるイオン交換体を充填していない部分は濃縮水を流すための濃縮室6に形成される。濃縮室6は、脱塩室5から各イオン交換膜を介して移動してくるイオンを受け取る。

【0024】上記のような脱塩室5および濃縮室6が複数、陽極7と陰極8の間に配置されている。陽極7と陰極8の内側は、それぞれ、陽極室9、陰極室10に形成されている。陽極室9、陰極室10は、必要に応じて、最外の濃縮室6に対し、カチオン交換膜あるいはアニオン交換膜、もしくはイオン交換性のない単なる隔壁によって仕切られる（図2、図3に図示）。

【0025】陽極7と陰極8の間に直流電流を通じ、被処理水流入ライン11から被処理水が各脱塩室5に流入

(5)

特開2001-79358

7

されるとともに、濃縮水流入ライン12から濃縮水が各濃縮室6に流入され、かつ、電極水流入ライン13、13から陽極室9、陰極室10にそれぞれ電極水が流入される。被処理水流入ライン11から流入した被処理水は、脱塩室5を流下し、除去対象となるイオンが両側のイオン交換膜を介して濃縮室6へと移動される。濃縮水流入ライン12から流入した濃縮水は、各濃縮室6を上昇し、カチオン交換膜2及びアニオン交換膜3を介して移動してくる不純物イオンを受け取り、不純物イオンを濃縮した濃縮水として濃縮水流出ライン14から流出され、さらに電極水流入ライン13、13から流入した電極水は電極水流出ライン15、15から流出される。そして、脱塩室5で処理された脱塩水が、脱イオン水流出ライン16を流して得られる。

【0026】脱塩室5に充填されるイオン交換体4は、被処理水が最初に通水されるイオン交換体4が実質的にカチオン交換体の単床とされている。イオン交換体4の脱塩室5への充填形態は、被処理水が最初に通水されるイオン交換体4が実質的にカチオン交換体の単床とされる限り、特に限定されない。たとえば、図2に示すように、各脱塩室5において、被処理水の流れ方向に、前段にカチオン交換体単床Kを配置し、後段にアニオン交換体単床Aを配置した構成、あるいは、図3に示すように、各脱塩室5において、被処理水の流れ方向に、前段にカチオン交換体単床Kを配置し、後段にカチオン交換体とアニオン交換体の混床Mを配置した構成とすることができる。いずれの充填形態にあっても、脱塩室5において被処理水が最後に通水されるイオン交換体を、カチオン交換体とアニオン交換体の混床Mとすることが好ましい。

【0027】図1に示すように構成され、図2や図3に示すような形態で使用される本実施形態に係る電気脱イオン装置1においては、脱塩室5において被処理水が最初に通水されるイオン交換体4を実質的にカチオン交換体の単床形態で充填することにより、カチオン成分に対する脱塩効率を大幅に上昇させることができる。カチオン成分リッチの被処理水が高効率で脱塩処理されるようになる。したがって、カチオン成分リッチの被処理水に用いて最適な電気脱イオン装置となる。たとえば後述の加圧水型原子力発電所の二次系においては、とくに高pH運転を行う場合、蒸気発生器ブローダウン水には多量のカチオン成分（アンモニウム、ヒドラジンとも0.5ppm程度）が含まれているが、このブローダウン水の脱塩処理に、上記のような被処理水が最初に通水されるイオン交換体4をカチオン交換体の単床とした電気脱イオン装置を用いることにより、被処理水のpHが酸性側にシフトし、アンモニウムおよび/またはヒドラジンの解離が進み、 $\text{NH}_4^+$ および/または $\text{N}_2\text{H}_5^+$ として存在する割合が増え、電流による濃縮室へのカチオンの移動が行われやすくなる。その結果、カチオン成分に対する

8

脱塩効率を飛躍的に上昇させることができ、カチオン成分リッチの被処理水が高効率で脱塩処理される。

【0028】またこのとき、電気脱イオン装置1全体のイオン交換体のカチオン交換体/アニオン交換体の体積分率を2以上とすることにより、従来通常に使用されていた体積分率が1程度のものに比べ、カチオン成分に対する脱塩効率をさらに大幅に上昇させることができる。したがって、一層好適な、カチオン成分リッチの被処理水処理用の電気脱イオン装置を実現できる。たとえば加圧水型原子力発電所の二次系において、とくに高pH運転を行う場合、蒸気発生器ブローダウン水には多量のカチオン成分が含まれているが、このブローダウン水の脱塩処理に、このようなイオン交換体体積分率をカチオン交換体/アニオン交換体=2以上とした電気脱イオン装置を用いることにより、カチオン成分に対する脱塩効率をさらに大幅に上昇させることができる。

【0029】また、脱塩室5において最後に通水されるイオン交換体4をカチオン交換体とアニオン交換体の混床形態とすることにより、たとえ濃縮室6からアニオン成分、カチオン成分のいずれかが脱塩室5内に再移動してきたとしても、そのイオンを適切に除去することが可能になる。

【0030】図4および図5に示す第2実施形態に係る電気脱イオン装置21においては、カチオン交換膜22、中間イオン交換膜24およびアニオン交換膜23を離間して交互に配置し、カチオン交換膜22と中間イオン交換膜24で形成される空間内にイオン交換体25を充填して第1小脱塩室26a、26b、26c、26dを形成し、中間イオン交換膜24とアニオン交換膜23で形成される空間内にイオン交換体25を充填して第2小脱塩室27a、27b、27c、27dを形成し、第1小脱塩室26aと第2小脱塩室27aで脱塩室28a、第1小脱塩室26bと第2小脱塩室27bで脱塩室28b、第1小脱塩室26cと第2小脱塩室27cで脱塩室28c、第1小脱塩室26dと第2小脱塩室27dで脱塩室28dを形成している。各脱塩室の両側には、イオン交換体25を充填していない濃縮室29が形成され、濃縮室29は、各小脱塩室から各イオン交換膜を介して移動してくるイオンを受け取る。

【0031】上記のような脱塩室28a～28dおよび濃縮室29が複数、陽極30と陰極31の間に配置されている。陽極30と陰極31の内側は、それぞれ、陽極室32、陰極室33に形成されている。陽極室32、陰極室33は、必要に応じて、最外の濃縮室29に対し、カチオン交換膜あるいはアニオン交換膜、もしくはイオン交換性のない単なる隔壁によって仕切られる（図6に図示）。

【0032】上記の脱塩室28a～28dは、2つの内部がくり抜かれた枠体と3つのイオン交換膜によって形成される脱イオンモジュールからなる。すなわち、図5

(5)

特開2001-79358

9

10

に示すように、一つの脱イオンモジュール51は、第1枠体52の一侧にカチオン交換膜22を封着し、第1枠体52のくり抜かれた部分にイオン交換体25を充填し、次いで、第1枠体52の他方の部分に中間イオン交換膜24を封着して第1小脱塩室を形成する。次に中間イオン交換膜24を挟み込むように第2枠体53を封着し、第2枠体53のくり抜かれた部分にイオン交換体25を充填し、次いで、第2枠体53の他方の部分にアニオン交換膜23を封着して第2小脱塩室を形成する。なお、イオン交換膜22、23、24は比較的柔らかいものであり、第1枠体52、第2枠体53内部にイオン交換体25を充填してその両面をイオン交換膜で封着した時、イオン交換膜が湾曲してイオン交換体25の充填層が不均一となるのを防止するため、第1枠体52、第2枠体53の空間部に複数のリブ54を縦設する。また、図では省略するが、第1枠体52、第2枠体53の上方部に被処理水の流入口又は処理水の流出口が、また枠体の下方部に被処理水の流出口又は処理水の流入口が付設されている。このような脱イオンモジュール51を複数個、その間に図では省略するスペーサーを挟んで、並設した状態が図4に示されたものであり、並設した脱イオンモジュール51の両側に陽極30と陰極31が配置されている。

【0033】陽極30と陰極31間に直流電流を通じ、被処理水流入ライン34から各第1脱塩室26a～26dに被処理水が流入されるとともに、濃縮水流入ライン35から各濃縮室29に濃縮水が流入され、かつ、電極水流入ライン36、36から陽極室32、陰極室33にそれぞれ電極水が流入される。被処理水流入ライン34から流入した被処理水は、第1小脱塩室26a～26dを流下し、イオン交換体25の充填層を通過する際に不純物イオンが除去される。さらに、第1小脱塩室26a～26dの処理水流出ライン37を通った流出水は、第2小脱塩室27a～27dの被処理水流入ライン38を通過して第2小脱塩室27a～27dを流下し、ここでもイオン交換体25の充填層を通過する際に不純物イオンが除去され、脱イオン水が脱イオン水流出ライン39から得られる。また、濃縮水流入ライン35から流入した濃縮水は各濃縮室29を上昇し、カチオン交換膜22およびアニオン交換膜23を介して移動してくる不純物イオンを受取り、不純物イオンを濃縮した濃縮水として濃縮水流出ライン40から流出され、さらに電極水流入ライン36、36から流入した電極水は電極水流出ライン41、41から流出される。上述の操作によって、被処理水中の不純物イオンは電気的に除去される。

【0034】中間イオン交換膜24としては、カチオン交換膜の単一膜、あるいは被処理水の流れ方向に、前段にアニオン交換膜、後段にカチオン交換膜を配置した複式膜のいずれであってもよい。複式膜とする場合、アニオン交換膜およびカチオン交換膜のそれぞれの高さ（面

積）は被処理水の水質又は処理目的などによって適宜決定される。

【0035】第1小脱塩室または第2小脱塩室の厚さは特に限定されず、第1小脱塩室または第2小脱塩室に充填されるイオン交換体の種類と充填方法によって、最適な厚さを決定すればよい。

【0036】脱塩室28a～28dに充填されるイオン交換体25は、被処理水が最初に通水されるイオン交換体25が実質的にカチオン交換体の単床とされている。このイオン交換体25の脱塩室28a～28dへの充填形態は、被処理水が最初に通水されるイオン交換体25が実質的にカチオン交換体の単床とされる限り、特に限定されないが、脱塩室28a～28dが第1小脱塩室26a～26dと第2小脱塩室27a～27dとに区画されているので、この区画構造を利用して、各第1小脱塩室26a～26dにカチオン交換体を単床形態で充填すればよい。

【0037】たとえば、図6に示すように、第1小脱塩室26a～26dに実質的にカチオン交換体の単床Kの形態で充填し、第2小脱塩室27a～27dにアニオン交換体の単床A、の形態で充填することができる。あるいは、図7に示すように、第1小脱塩室26a～26dに実質的にカチオン交換体の単床Kの形態で充填し、第2小脱塩室27a～27dにカチオン交換体とアニオン交換体の混床Mの形態で充填することができる。いずれの充填形態にあっても、脱塩室28a～28dにおいて被処理水が最後に通水されるイオン交換体を、カチオン交換体とアニオン交換体の混床Mとすることが好ましい。また、充填されるイオン交換体は、全体として、その体積分率、つまりカチオン交換体のアニオン交換体に対する比率（カチオン交換体／アニオン交換体）が、2以上とされていることが好ましい。

【0038】図4に示すように構成され、図6や図7に示すような形態で使用される本実施形態に係る電気脱イオン装置21においては、脱塩室5において被処理水が最初に通水されるイオン交換体25をカチオン交換体の単床形態で充填することにより、カチオン成分に対する脱塩効率を大幅に上昇させることができ、カチオン成分リッチの被処理水が高効率で脱塩処理されるようになる。したがって、カチオン成分リッチの被処理水に用いて最適な電気脱イオン装置となる。たとえば後述の加圧水型原子力発電所の二次系においては、とくに高pH運転を行う場合、蒸気発生器ブローダウン水には多量のカチオン成分（アンモニア、ヒドラジンとも0.5ppm程度）が含まれているが、このブローダウン水の脱塩処理に、上記のような被処理水が最初に通水されるイオン交換体25をカチオン交換体の単床とした電気脱イオン装置を用いることにより、被処理水のpHが酸性側にシフトし、アンモニアおよび／またはヒドラジンの解離が進み、 $\text{NH}_4^+$ および／または $\text{N}_2\text{H}_5^+$ として存在す



(7)

特開2001-79358

11

る割合が増え、電流による濃縮室へのカチオンの移動が行われやすくなる。その結果、カチオン成分に対する脱塩効率を飛躍的に上昇させることができ、カチオン成分リッチの被処理水が高効率で脱塩処理される。

【0039】また、充填されるカチオン交換体/アニオン交換体の体積分率を2以上とすれば、従来通常に使用されていた体積分率が1程度のものに比べ、カチオン成分に対する脱塩効率をさらに大幅に上昇させることができる。したがって、カチオン成分リッチの被処理水に用いてより最適な電気脱イオン装置となる。

【0040】また、脱塩室28a~28dにおいて最後に通水されるイオン交換体25をカチオン交換体とアニオン交換体の混床形態とすることにより、たとえば濃縮室29からアニオン成分、カチオン成分のいずれかが脱塩室28a~28d内に再移動してきたとしても、そのイオンを適切に除去することが可能になる。

【0041】また、各脱塩室28a~28dが中間イオン交換膜24を介して2つの小脱塩室に区画されるので、脱塩室28a~28d一つ当たりの濃縮室の数を従来の約半分にすることができ、電気脱イオン装置の電気抵抗を著しく低減できる。また、従来の装置と比較して相対的に濃縮室の数が少ないため、濃縮室を流通する濃縮水のイオン濃度を濃厚とすることができ、導電率が向上し、さらに電気抵抗が低減されるとともに、濃縮室内を流通する濃縮水の流速を高めることができ、濃縮室内のスケールが発生しにくくなる。

【0042】さらに、2つに区画された小脱塩室のそれぞれに充填するイオン交換体25の種類を、単独種とすることができるので（カチオン交換体単床、あるいはアニオン交換体単床、もしくはカチオン交換体とアニオン交換体の混床）、各小脱塩室を、電気抵抗を低減しかつ電流効率を高める上で最適な厚さに設定することができ、これによっても電気抵抗を低減して一層省電力化を図ることができる。

【0043】上記のような第1実施態様または第2実施態様に係る電気脱イオン装置は、加圧水型原子力発電所における二次系の水処理に用いて好適なものである。

【0044】たとえば図8に加圧水型原子力発電所の二次系ラインを示すように、蒸気発生器61には蒸気管62を通してタービン63が連結され、該タービン63に復水器64が連結されている。65は発電機である。

【0045】復水器64にて生じる凝縮水、すなわち復水を蒸気発生器61に還流するために、復水器64と蒸気発生器61との間に、それらを連結する復水循環路としての復水管66が設けられている。この復水管66には復水器64から蒸気発生器61に向かう方向に沿って、復水ポンプ67、復水脱塩装置68、脱気器69、

12

給水加熱器70の各装置が復水管66のライン上に設けられている。

【0046】復水脱塩装置68を連結してある復水管66には該復水脱塩装置68と並列的に、バイパス路としてのバイパス管71が設けられ、復水を復水脱塩装置68、バイパス管71のいずれにも通水できるように構成されている。72は通水切換バルブである。

【0047】蒸気発生器61にはブローダウン水を取り出すための取出管73が設けられ、この取出管73の他端はその途中で冷却器（図示略）を介して電気脱イオン装置74に連結されている。更に、電気脱イオン装置74の脱塩室出口と復水器64との間に、それらを連結する還流路としての処理水管75が設けられ、処理水を復水器64を介して蒸気発生器61に還流できるように構成されている。また電気脱イオン装置74の濃縮室出口には濃縮水流出管76が設けられ、電気脱イオン装置74から流出する濃縮水を系外に排出するようになっている。この電気脱イオン装置74に、前述の第1実施態様または第2実施態様に係る電気脱イオン装置を使用することができる。

【0048】上記のように構成されたシステムにおいては、バイパス路（バイパス管71）設けることにより、復水脱塩装置68に対し、復水の部分処理あるいは全量バイパスを行うことが可能になり、高pH運用の場合にあっても、復水脱塩装置68に高負荷をかけることなく運転することが可能になる。そして、前記実施態様に係る電気脱イオン装置（図8における74）を、アンモニウム0.1ppm以上、ヒドラジン0.1ppm以上含むようなカチオン成分リッチの蒸気発生器ブローダウン水の処理に用いることにより、高pH運転を採用した場合でも、ブローダウン水の脱塩処理が可能になり、脱塩処理されたブローダウン水を復水還流系に戻してやることにより、二次系の不純物を除去することができ、蒸気発生器の腐食対策を行い、蒸気発生器細管の損傷防止をはかることが可能となる。

【0049】ちなみに、第1実施態様または第2実施態様に係る電気脱イオン装置を、図8に示したと同様のシステムに適用し、下記条件にて試験した結果、表1に示す結果を得た。

脱塩室流量：0.12m<sup>3</sup>/h  
濃縮室流量：0.03m<sup>3</sup>/h  
原水水温：45℃  
電流値：2A  
抵抗率は25℃換算

【0050】

【表1】

(8)

特開2001-79358

13

14

	比較例 1	実施例 1	実施例 2	実施例 3	実施例 4	実施例 5	実施例 6	実施例 7
イオン交換体成分率 (イオン交換体: 樹脂交換体)	1:1	1:1	1:2	1:1	1:2	1:1	1:2	1:3
交換方式	図1はIV 全体が親床	図2の形態	図2の形態	図3の形態	図3の形態	図6の形態	図7の形態 第2小脱塩室:7-17 交換体:樹脂交換体 =2:1	図7の形態 第2小脱塩室:7-17 交換体:樹脂交換体 =1:1
原水アンモニア	8.2ppm	8.2ppm	6.2ppm	6.2ppm	6.2ppm	6.2ppm	6.2ppm	6.2ppm
処理水アンモニア	28ppb	21ppb	16ppb	11ppb	6ppb	14ppb	7ppb	4ppb
原水ヒドラジン	1.4ppm	1.4ppm	1.4ppm	1.4ppm	1.4ppm	1.4ppm	1.4ppm	1.4ppm
処理水ヒドラジン	21ppb	16ppb	11ppb	11ppb	<10ppb	<10ppb	<10ppb	<10ppb
原水導電率	22 $\mu$ S/cm	22 $\mu$ S/cm	22 $\mu$ S/cm	22 $\mu$ S/cm	22 $\mu$ S/cm	22 $\mu$ S/cm	22 $\mu$ S/cm	22 $\mu$ S/cm
処理水抵抗率	2.28 $\Omega$ ・cm	3.2 $\Omega$ ・cm	4.0 $\Omega$ ・cm	5.53 $\Omega$ ・cm	7.38 $\Omega$ ・cm	4.28 $\Omega$ ・cm	8.18 $\Omega$ ・cm	10.58 $\Omega$ ・cm
電圧	45V	32V	32V	35V	35V	28V	28V	28V
電流	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A

【0051】表1から分かるように、本発明の実施例1～7では、比較例1（従来の電気脱イオン装置）に比べ、蒸気発生器ブローダウン水の脱塩処理により、アンモニア、ヒドラジンの濃度をともにより大幅に低下させることができ、電気抵抗（抵抗率の逆数）についても一層低下させて省電力化をはかることができた。

【0052】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の電気脱イ

オン装置によれば、カチオン成分リッチの被処理水を効率よく脱塩処理でき、加圧水型原子力発電所において高pH適用される場合の二次系の水、とくに蒸気発生器ブローダウン水の脱塩処理に用いて最適な電気脱イオン装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る電気脱イオン装置の概略構成図である。

(9)

特開2001-79358

15

16

【図2】図1の装置の一使用例を示す模式図である。  
 【図3】図1の装置の別の使用例を示す模式図である。  
 【図4】本発明の第2実施態様に係る電気脱イオン装置の概略構成図である。  
 【図5】図2の装置の一脱イオンモジュールの分解斜視図である。  
 【図6】図2の装置の一使用例を示す模式図である。  
 【図7】図2の装置の別の使用例を示す模式図である。  
 【図8】加圧水型原子力発電所の二次系ラインの機器系統図である。

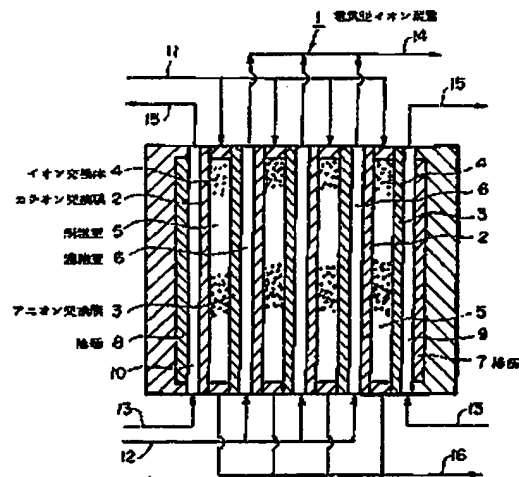
【符号の説明】

1. 21, 74 電気脱イオン装置
2. 22 カチオン交換膜
3. 23 アニオン交換膜
4. 25 イオン交換体
5. 28a, 28b, 28c, 28d 脱塩室
6. 29 濃縮室
7. 30 陽極
8. 31 陰極

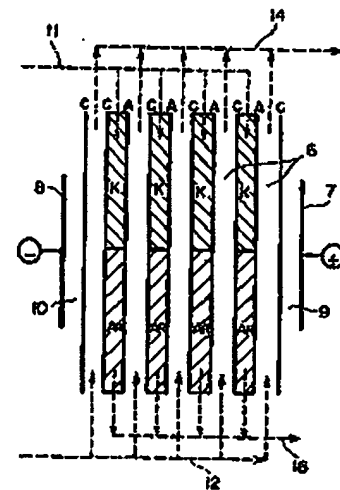
- \* 9. 32 陽極室
10. 33 陰極室
- 24 中間イオン交換膜
- 26a, 26b, 26c, 26d 第1小脱塩室
- 27a, 27b, 27c, 27d 第2小脱塩室
- 51 脱イオンモジュール
- 52 第1枠体
- 53 第2枠体
- 54 リブ
- 10 61 蒸気発生器
- 63 タービン
- 64 復水器
- 65 発電機
- 68 復水脱塩装置
- 69 脱気器
- 70 給水加熱器
- 71 バイパス管 (バイパス路)
- 75 処理水管

\*

【図1】



【図2】

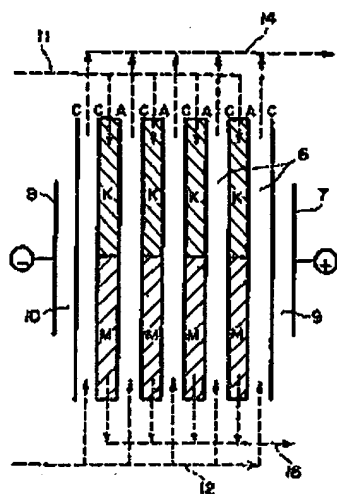


C: カチオン交換膜  
 A: アニオン交換膜  
 K: カチオン交換体単体  
 AR: アニオン交換体単体

(10)

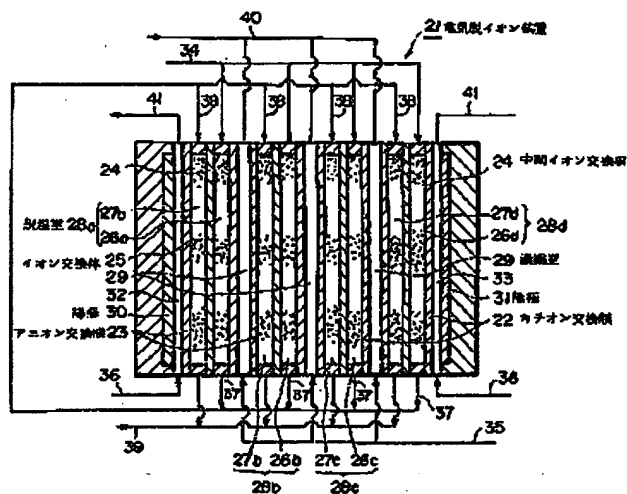
特開2001-79358

【図3】

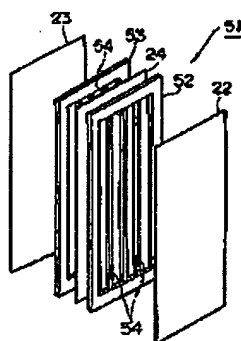


C: カチオン交換膜  
 A: アニオン交換膜  
 K: カチオン交換体層  
 M: カチオン交換体とアニオン交換体の混層

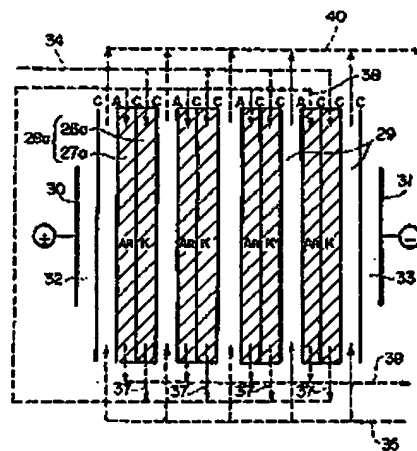
【図4】



【図5】



【図6】

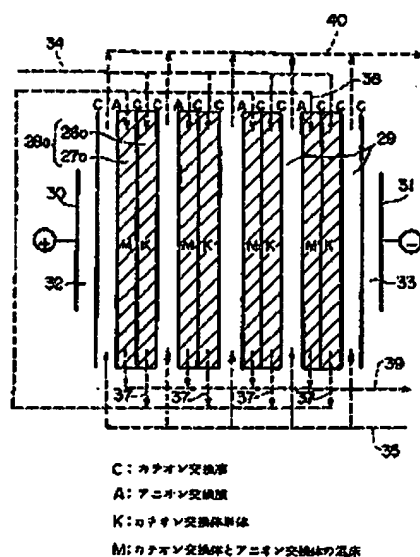


C: カチオン交換膜  
 A: アニオン交換膜  
 K: カチオン交換体層  
 Ak: アニオン交換体層

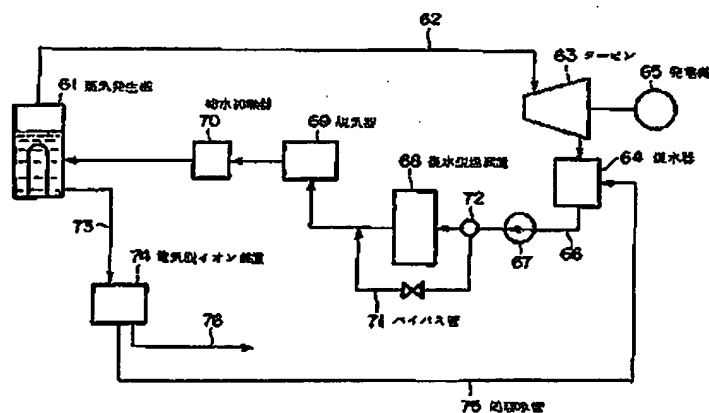
(11)

特開2001-79358

【図7】



【図8】



【手続補正書】

【提出日】平成12年7月24日(2000.7.24)

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】請求項3

【補正方法】変更

【補正内容】

【請求項3】 脱塩室が、カチオン交換膜、一の棒体、

中間イオン交換膜、他の棒体、アニオン交換膜をこの順に積層することにより形成された脱イオンモジュールからなる、請求項2の電気脱イオン装置。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0012

【補正方法】変更

【補正内容】

(12)

特開2001-79358

【0012】この電気脱イオン装置においては、省電力をはかるために、脱塩室が、一側のカチオン交換膜、他側のアニオン交換膜および中央の中間イオン交換膜で区画された2つの小脱塩室にイオン交換体を充填して構成され、前記カチオン交換膜、アニオン交換膜を介して脱塩室の両側に濃縮室が設けられ、これら脱塩室および濃縮室が陽極と陰極の間に配置されている構造とすること＊

＊が好ましい。とくに、脱塩室が、カチオン交換膜、一の枠体、中間イオン交換膜、他の枠体、アニオン交換膜をこの順に積層することにより形成された脱イオンモジュールからなることが好ましい。中間イオン交換膜としては、たとえば、カチオン交換膜または、被処理水の流れ方向に前段にアニオン交換膜、後段にカチオン交換膜を配置した複式膜から構成できる。

---

フロントページの続き

Fターム(参考) 4D006 GA17 HA42 JA44A JA44Z  
 KE02P KE12P KE13P KE15P  
 KE16P KE17P KE18P KE19P  
 MA03 MA13 MA14 PA01 PB07  
 PB27 PC32  
 4D051 DA05 DB13 DB18 DC14 DC15  
 EA09 EB01 EB04 EB17 EB19  
 EB39 FA08 FA09 GC02 GC12